



Jesús del OLMO FRIAS es, en la actualidad, Jefe de la Sección de Medicina Nuclear del CIEMAT, Jefe del Servicio de Medicina Nuclear del Hospital Universitario de San Carlos de Madrid, Presidente de la Sociedad Española de Medicina Nuclear y Presidente de la Sociedad Española de Resonancia Nuclear Magnética.

SERVICIOS DE MEDICINA NUCLEAR

INTRODUCCION

Medicina Nuclear es el nombre muy poco afortunado, pero reconocido en el ámbito médico internacional, de una especialidad que versa fundamentalmente sobre la utilización de radionucleidos y radiofármacos en el diagnóstico médico y en la terapia de algunas enfermedades susceptibles de ser tratadas mediante la utilización de radiaciones ionizantes. Lo inadecuado del nombre de esta especialidad dimana de las connotaciones que tiene todo lo que se llama nuclear y con mucha frecuencia da lugar a equívocos, no sólo por parte de profanos, sino inclusive por profesionales médicos poco informados.

En un concepto más amplio podemos considerar, dentro del campo de la Medicina Nuclear, otras técnicas como la Resonancia Nuclear Magnética, basada en la utilización de las variaciones del spin de los protones de los núcleos celulares que son sometidos a campos magnéticos de gran intensidad. Pero en esta revisión voy a limitarme a tratar de las aplicaciones clásicas de la Medicina Nuclear utilizando radionucleidos y radiofármacos.

La Medicina Nuclear, como ciencia, empezó su desarrollo a comienzos de la década de los cuarenta, fundamentalmente a través de los trabajos de Hevesi, que recibió el Premio Nobel en 1943 por sus trabajos en fisiología vegetal y animal en los que utilizó radionucleidos como trazadores. Después de la Segunda Guerra Mundial, y como consecuencia de la gran cantidad de investigación llevada a cabo en el campo nuclear, se produjeron gran cantidad de radisótopos de I, P, Fe, etc., que encontraron rápidamente aplicaciones en medicina y en biología e impulsieron el conocimiento de unas técnicas muy especializadas y algo distantes de la práctica médica habitual, de

tal forma que ya en los años cincuenta se constituyó como especialidad independiente que se ha ido desarrollando con el paso de los años hasta alcanzar su plenitud actual en que cuenta con un cuerpo de doctrina bien establecido y ha adquirido carta de naturaleza dentro de la medicina moderna. Esta es una especialidad multidisciplinaria en la que encuentran cabida farmacéuticos, físicos, biólogos, etc., ya que son precisos estos diversos saberes para alcanzar el profundo dominio de todas sus parcelas.

MATERIALES RADIATIVOS E INSTRUMENTACION

RADIONUCLEIDOS

Son muchos los radionucleidos utilizados en Medicina Nuclear, algunos ya abandonados porque sus características físicas no eran las más idóneas para su utilización en medicina y que se han ido sustituyendo por otros más actuales, con mejores propiedades físicas. En general, la elección de un radionucleido debe adecuarse, en lo posible, a las siguientes especificaciones:

- Mínima emisión de partículas (se hace referencia a la emisión de radiación β , ya que los emisores α no se utilizan en Medicina Nuclear).
- Energía del fotón primario entre 50 y 500 keV.
- Semiperíodo físico mayor del tiempo requerido para preparar el radiofármaco a administrar.
- Semiperíodo efectivo mayor que el fenómeno fisiopatológico que se trata de medir.
- Compuesto químico adecuado.
- Baja toxicidad.
- Estabilidad del producto.

En la práctica, resulta muy difícil conseguir radionucleidos que cumplan estas especificaciones completamente,

T I

Nombre	Semiperíodo	Forma de decaimiento	Energía principal fotón (MeV)
Tc-99m	6 h	IT	0,140
I-131	8 días	β^-	0,364
I-123	13 h	EC	0,159
I-125	60 días	EC	0,035
Xe-133	5,3 días	β^-	0,081
Ga-67	78 h	EC	0,093
			0,184
			0,296
			0,388
In-111	2,8 días	EC	0,173
			0,247
Tl-201	74 h	EC	0,167

Donde IT = Transmisión Interna

EC = Captura electrónica

pero siempre se debe tratar de acercar lo más posible a las mismas.

Entre los radionucleidos actualmente más utilizados en Medicina Nuclear a nivel mundial, tenemos los que se relacionan en la tabla I.

TECNECIO 99M

El Tc-99m cumple la mayoría de las especificaciones anteriormente indicadas y se ha convertido en el radionucleido más utilizado en Medicina Nuclear a nivel mundial. Tiene también la enorme ventaja de poder obtenerse a través de un generador provisto de una columna con Mo-99 absorbido en alúmina, que permite separar el Tc-99m generado cuando se hace pasar un suero fisiológico a través de la columna. De esta manera es posible disponer de Tc-99m siempre que sea necesario, bien para su utilización directa en forma de pertechnetato sódico, que es la forma química en que se obtiene del generador de Mo-99, o bien para utilizarlo como marcador de diferentes radiofármacos.

IODO

La importancia de este elemento en medicina proviene del hecho de que las hormonas tiroideas son las únicas proteínas del organismo humano que tienen varios átomos de yodo en su composición. Esta circunstancia, hizo posible encontrar aplicación, en el diagnóstico médico, al primer radioyodo descubierto y preparado por Fermi en 1934. Las técnicas utilizadas al principio se basaron en conocer la cantidad de radioyodo incorporado por el tiroides, ya que, en sujetos hipertiroideos, esta incorporación estaría aumentada, y disminuida en los hipotiroideos. Esta hipótesis de trabajo de comprobó como verdadera y muy útil, porque permitía separar y diagnosticar las disfunciones tiroideas de forma más eficiente que con los métodos habitualmente en uso entonces, y se abrió el camino

a la investigación en medicina utilizando radionucleidos.

Los radisótopos de yodo actualmente en uso son: I-131, I-125, I-123. El I-131 solamente se utiliza en terapia, porque la dosis de radiación que proporciona a los pacientes, utilizado como agente diagnóstico, es muy elevada, a causa de su emisión de radiación β y del período de semidesintegración relativamente largo (ocho días). Actualmente, el radisótopo de yodo utilizado en diagnóstico es el I-123, que tiene unas características físicas muy idóneas, con el único inconveniente de su elevado precio. El I-125 es el marcador más importante de las técnicas de radioinmunoanálisis, como veremos más adelante.

OTROS RADIONUCLEIDOS

El Xe-133 administrado por vía respiratoria permite conocer las áreas del pulmón que no se ventilan correctamente, parámetro de gran importancia en el diagnóstico de la patología pulmonar. El Ga-67 se utiliza como marcador tumoral inespecífico (linfomas, Hodking, tumores de extirpe epitelial) y en la localización de procesos inflamatorios de diferentes localizaciones.

El In-111 es el trazador ideal para marcar células hemáticas: plaquetas y leucocitos, que se utilizan en clínica para el diagnóstico de abscesos y para el seguimiento de trasplantes: riñón y corazón.

El Tl-201, como análogo del K, sigue sus mismas vías metabólicas y su distribución corporal, particularmente en el músculo. Su principal indicación se encuentra en el diagnóstico de la isquemia miocárdica.

RADIONUCLEIDOS EMISORES DE POSITRONES

En la actualidad, existe la posibilidad de obtener radionucleidos emisores de positrones, con períodos de semide-

sintegración muy cortos, mediante la utilización de pequeños ciclotrones de uso clínico (baby-ciclotrón). Entre estos podemos citar: el C-11 (20,4 m de período), N-13 (10 m), O-15 (124 s), F-118 (110 m) y Br-75 (101 m).

Todos estos radionucleidos deben ser producidos en el propio servicio de Medicina Nuclear, ya que su extremadamente corto semiperíodo haría muy difícil, ya que no imposible, la operación logística de su envío a los diferentes hospitales desde los centros de producción. Por consiguiente, se precisan instalaciones complicadas y costosas que no están al alcance de la mayoría de los hospitales. En nuestro país todavía no hay ningún centro dotado con estas facilidades, pero son ya numerosos en Estados Unidos y en otros hospitales de países europeos: Suecia, Inglaterra, Francia, Alemania.

La utilización de estos radionucleidos ha abierto una nueva vía al conocimiento y a la investigación de numerosas enfermedades, especialmente del sistema nervioso central, ya que es posible marcar sustancias de importancia vital en el conocimiento de este tipo de patología, como los neurotransmisores y su posterior localización en las estructuras cerebrales y las variaciones surgidas como consecuencia de las diferentes patologías.

RADIOFARMACOS

Algunos de los radionucleidos citados anteriormente se utilizan como trazador radiactivo, que se fija a compuestos químicos con determinadas características farmacológicas que les hacen aptos para fijarse y ser eliminados por determinados órganos que precisan ser estudiados. Estos compuestos químicos, marcados con un trazador radiactivo, se denominan radiofármacos, y los mecanismos por los que se fijan a diferentes órganos son característicos de cada radiofármaco en particular. Más adelante tendremos ocasión de citar algunos casos concretos.

INSTRUMENTACION

En los servicios de Medicina Nuclear se utilizan muchos instrumentos de detección y de conteo de radiaciones, comunes con otras especialidades nucleares, y por consiguiente, no voy a referirme a ellos, ya que son perfectamente conocidos por todos aquellos profesionales que se dediquen a cualquiera de las ramas de las ciencias y técnicas nucleares.

EQUIPOS PARA OBTENCION DE IMAGENES

Los equipos que se utilizan en Medicina Nuclear para obtener imágenes están basados en el detector de centelleo

con cristal de INa. En los comienzos de esta especialidad se utilizaban estos detectores de forma estática, fijos sobre un punto, y provistos de una adecuada colimación proporcionaban contajes sobre determinados puntos de órganos que, unidos por líneas de isocontaje, permitían levantar un mapa de la concentración de un determinado radionucleido o radiofármaco en determinados órganos. En 1951, y merced a los trabajos de Cassen, a estos detectores de centelleo se les acopló un sistema de movimiento, que hacía que el detector recorriera la zona del órgano a explorar imprimiendo de forma simultánea, sobre papel con un punzón, o sobre placa radiográfica con destellos luminosos, una cantidad de puntos directamente proporcional a la cantidad de radiación que el detector cuantificaba sobre cada punto. Este instrumento, llamado gammagrafo, se ha utilizado durante muchos años y todavía hoy en día tiene alguna aplicación clínica concreta.

En la década de los sesenta, Anger tuvo la idea de utilizar un detector de centelleo con un diámetro lo suficientemente grande para permitir "ver" toda la zona a explorar sin necesidad de movimiento. Para ello, acopló a un cristal de centelleo de un diámetro de 22 cm 19 tubos fotomultiplicadores que permitían detectar todos los fotones que alcanzaban el cristal, procedentes del área explorada. Un sistema de coordenadas X, Y y Z permitía localizar espacialmente los impulsos llegados al detector y cuantificar su energía. Con el necesario tratamiento electrónico, y con el concurso de un osciloscopio, se

podía fotografiar a través de película "Polaroid" la imagen del órgano explorado. Este es el fundamento de la gammacámara Anger, que todavía es hoy el instrumento más importante dentro de nuestra especialidad y en el que se basan la mayoría de las exploraciones realizadas en nuestros servicios.

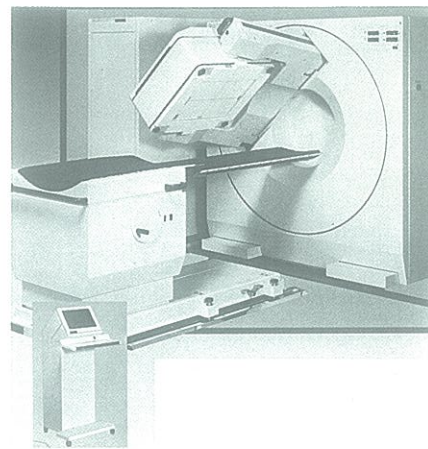
La idea de Anger de utilizar un solo detector estático que, dotado de un gran diámetro, pudiera explorar una extensa zona del organismo, tenía solamente un defecto técnico: los cristales de centelleo de gran diámetro no podían tener el espesor suficiente, ya que, por razones técnicas de construcción, los cristales de INa con diámetros muy grandes no pueden tener más que una media pulgada de espesor, porque al aumentar éste los cristales se rajan y se rompen. En los años en que Anger desarrolló su gammacámara, los radionucleidos entonces en uso, I-131, Au-198, Hg-203, Cr-51, Fe-59, etc., están dotados de fotones muy energéticos que, al encontrar un cristal de centelleo de poco espesor, lo traspasan sin interaccionar con él. Esto da lugar a eficiencias de contaje muy bajas y a imágenes de pobre calidad técnica. Pero se dio la circunstancia de que, por estos mismos años, Harper desarrolló el generador de Mo-99, Tc-99m. Las características físicas del Tc-99m y, en particular, la energía de su fotón de 140 keV, le hacen sumamente adecuado para ser utilizado con detectores de cristales poco gruesos. Desde ese mismo momento, la evolución de la gammacámara ha ido íntimamente unida a la utilización del Tc-99m y ambos elementos, en conjunto, constituyen hoy el pilar fundamental en que se basa la Medicina Nuclear (Fig. I).

La gammacámara, aun manteniendo básicamente las ideas que llevaron a Anger a su creación, ha ido evolucionando a lo largo de los años. Las actuales tienen diámetros de hasta 40 cm y están provistas de 37, 61 ó 91 fototubos, dotadas de unas características técnicas que permiten obtener resoluciones menores de 10 mm.

ORDENADORES

La conexión de un ordenador a la gammacámara Anger permite ampliar las posibilidades de ésta en el sentido de poder registrar y obtener imágenes secuenciales muy rápidas de un fenómeno dinámico que tiene lugar en un órgano determinado. Este tipo de exploración se denomina morfodinámica y permite estudiar órganos en movimiento, como las cavidades ventriculares del corazón.

El ordenador se programa para que vaya obteniendo imágenes de un órga-



F II Gammacámara con dispositivo tomográfico. SPECT

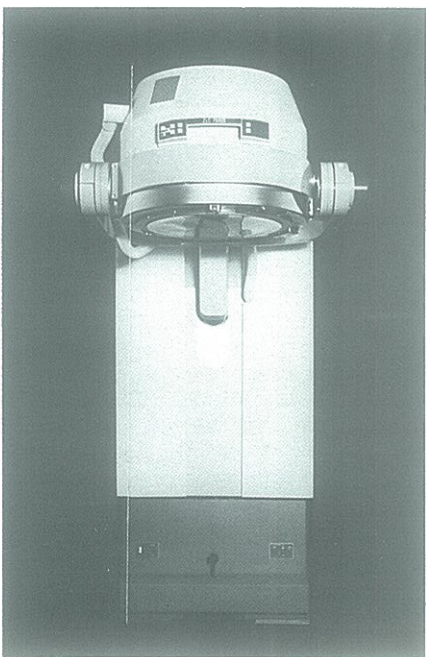
no en secuencias de un segundo o con frecuencias mayores, registrando las variaciones que un trazador radiactivo sufre en dicho órgano como consecuencia de la dinámica funcional del mismo. Posteriormente se procesan y analizan los resultados obtenidos, consiguiéndose datos de gran valor en el conocimiento de la fisiopatología de numerosos órganos.

TOMOGRAFIA

La gammacámara Anger puede ser provista de un dispositivo que permita girar al detector 360 grados alrededor del órgano explorado, en cuyo giro se puede medir la radiactividad procedente desde innumerables ángulos. Procesando los datos obtenidos, mediante el concurso de un ordenador dotado de una potente memoria, se obtiene la imagen de diferentes cortes anatómicos del órgano, que se denominan tomografías. El sistema que utiliza la emisión de fotones detectados por una gammacámara Anger se denomina Tomografía por Emisión de Fotones (SPECT). Esta es una técnica que mejora los resultados obtenidos por la gammagrafía convencional y que permite ganar especificidad en las exploraciones de Medicina Nuclear (Fig. II).

Cuando se utilizan radionucleidos emisores de positrones, como los ya citados, se precisan detectores especiales que permitan detectar dos fotones de 511 keV procedentes de la reacción de aniquilación del positrón. Este sistema de detección en anticoincidencia, permite una detección muy exacta, con imágenes de gran calidad técnica. Se utiliza con un sistema tomográfico en un proceso denominado Tomografía por Emisión de Positrones (PET) y parece ser la técnica con futuro más prometedor en Medicina Nuclear.

F I Gammacámara tipo ANGER





NUSIM

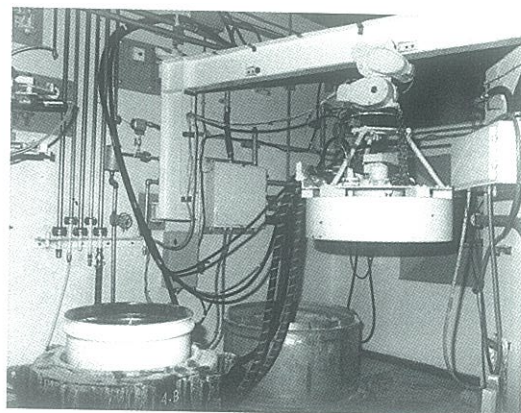
AL SERVICIO
DE LA
INDUSTRIA
NUCLEAR

TRATAMIENTO DE RESIDUOS

- Solidificación de residuos líquidos (Delaware C.M.)
- Compactadoras de residuos sólidos (fabricación propia)
- Trituradoras de residuos (Delaware C.M.)

PROTECCION RADIOLOGICA

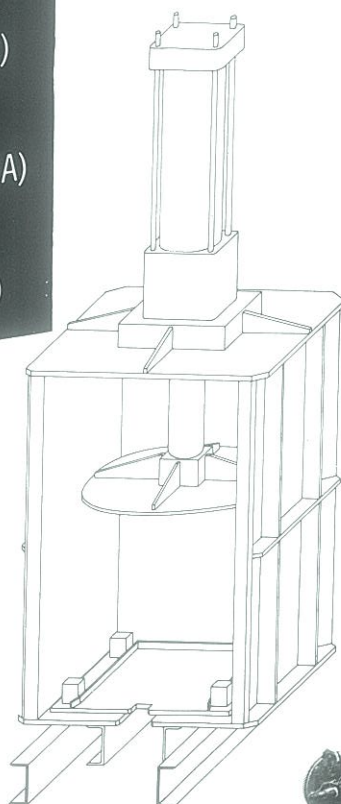
- Dosimetría digital y TLD (ALNOR)
- Detección de contaminación (HERFURTH)
- Analizadores multicanales (NOKIA)
- Monitores de efluentes (ALNOR y STUDSVIK)
- Detección de radiación (ALNOR)



Planta de solidificación de residuos de CN Almaraz.

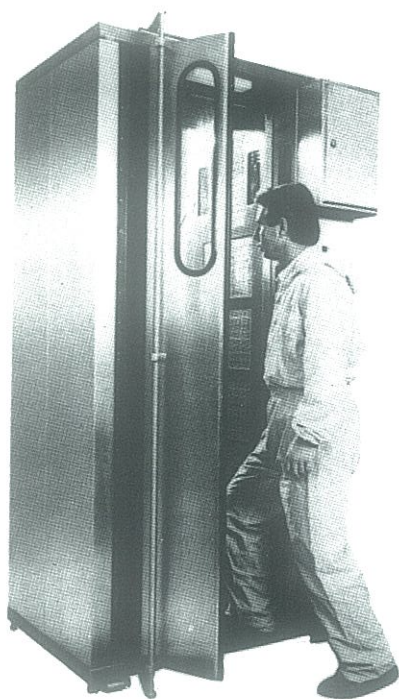
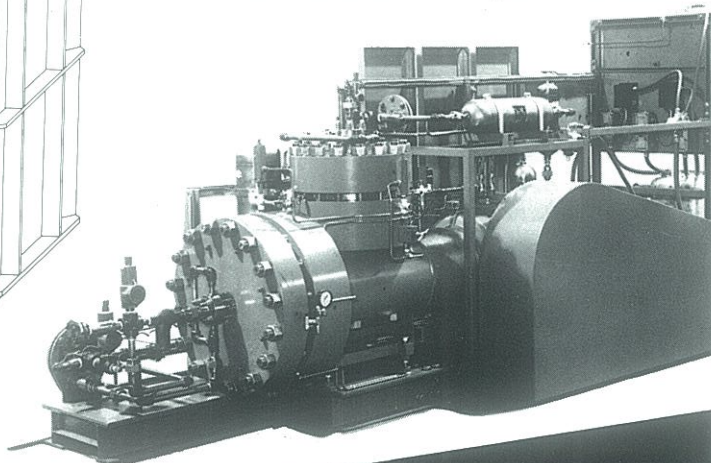
SERVICIOS DE RECARGA

- Servicios de programación y realización de recarga (ACEC)
- In core fuel management (STUDSVIK)



Compactadora de residuos sólidos, diseño y fabricación NUSIM.

Compresor de diafragma P.P.I. para CN Valdecaballeros.



Pórtico Herfurth usado en CN Almaraz, CN. Sta. M.a Garoña, CN José Cabrera y CN Ascó.

SUMINISTRO DE EQUIPOS NUCLEARES

- Compresores de residuos gaseosos y aire esencial (Pressure Product Industries)
- Racks de combustible de alta densidad (ACEC)
- Motores eléctricos cualificados (ACEC)
- Amortiguadores hidráulicos (E SYSTEMS)
- Amortiguadores mecánicos (WESTERN PIPING)



F III Gammagrafía hepática con coloide de azulre Tc-99m. Proyección posterior

APLICACIONES CLINICAS

La Medicina Nuclear, en la práctica médica, presenta dos grandes campos de actuación:

Diagnóstico
Terapia

DIAGNOSTICO

En el diagnóstico cabe distinguir dos áreas de actuación:

Técnicas *in vitro*.
Técnicas *in vivo*.

TECNICAS «IN VITRO»

Se denominan técnicas *in vitro* aquellas en las que los radionucleidos se utilizan únicamente como marcadores de una reacción físico-química o biológica que tiene lugar en un tubo de ensayo y, por consiguiente, no se precisa administrar ningún tipo de material radiactivo al paciente.

A finales de la década de los sesenta, y merced a los trabajos de Berson y R. Yallow, se desarrollaron una serie de técnicas que se basan en la producción de una reacción antígeno-anticuerpo, que permite detectar innumerables sustancias en los fluidos orgánicos que se encuentran en concentraciones muy bajas, del orden de nanogramos (10^{-9} g) o de picogramos (10^{-12} g), que serían indetectables por otros procedimientos analíticos. Estas técnicas se conocen con el nombre genérico de radioinmunoanálisis (RIA), de las que

existen, en la actualidad, numerosas variantes.

Estas técnicas de RIA se basan en la obtención de anticuerpos específicos frente a un antígeno que es la sustancia que se desea determinar. Esta producción de anticuerpos se realiza en animales de experimentación a los que se inyecta intramuscularmente la sustancia que se desea determinar y que es preciso que tenga capacidad antigénica, es decir, capacidad de producir anticuerpos específicos. Transcurridas varias semanas después de la inyección del antígeno en el animal, se extraen los anticuerpos de la sangre de éste, se purifican y se titulan, quedando listos para su utilización en laboratorio, ya que su especificidad frente al antígeno que los ha provocado dará lugar a la producción de reacciones antígeno-anticuerpo en todas las circunstancias en que ambas sustancias se encuentren presentes en una reacción. La cantidad de anticuerpos que se obtienen en una sola inmunización de un animal de laboratorio es suficiente para llevar a cabo millones de pruebas, pudiéndose conservar a lo largo de muchos años.

Mediante técnicas de RIA, hoy en día se valoran innumerables sustancias, que facilitan y posibilitan diagnósticos que hubieran sido muy difíciles de lograr hace pocos años. (T II).

El que la medicina clínica pueda disponer de datos absolutamente fiables de todas estas sustancias, ha hecho que se abrieran nuevas vías en el campo del diagnóstico. La Endocrinología es, posiblemente, la especialidad que más se ha beneficiado, ya que en la actualidad sus diagnósticos no solamente se basan en la sintomatología y la clínica, sino que tienen el soporte objetivo de conocer con exactitud la concentración de las hormonas responsables de la patología que presenta el paciente, pudiéndose, asimismo, seguir la evolución de la enfermedad y la respuesta a los tratamientos impuestos.

Algunas enfermedades infecciosas, como la hepatitis, se diagnostican con toda fiabilidad, pudiéndose seguir el curso de su evolución y permitiendo conocer los portadores sanos, hecho de importancia capital para la prevención de la misma.

Los marcadores tumorales permiten seguir la evolución de determinadas neoplasias y predecir, de forma temprana, la aparición de recidivas y metástasis.

La determinación de los niveles plasmáticos de drogas en pacientes en tratamiento posibilita la mejor utilización de las mismas dentro de los márgenes terapéuticos adecuados, como sucede con la digoxina o el haloperidol. Podemos afirmar, sin temor a exagerar, que el RIA y técnicas afines han marcado un auténtico hito en la medicina, haciéndola más exacta y científica.

TECNICAS «IN VIVO»

Son aquellas que precisan administrar materiales radiactivos al paciente. En la Medicina Nuclear actual, estas técnicas pueden ser morfológicas o morfofuncionales. Las morfológicas tienen por objeto hacer llegar un radionucleido o radiofármaco al interior de un determinado órgano y, mediante la radiación γ que emite desde allí, detectarla con los equipos de obtención de imagen (gammágrafos o gammacámaras) y obtener una imagen del órgano en estudio.

A primera vista, pudiera parecer una forma de radiodiagnóstico, por cuanto se contemplan aspectos meramente morfológicos: forma, tamaño, posición del órgano, etc.; pero existe un hecho diferencial entre las imágenes radiográficas que son absolutamente morfológicas y las conseguidas con Medicina Nuclear, las cuales se obtienen a partir de un mecanismo fisiológico propio del órgano en estudio. En otras palabras, en las imágenes obtenidas con radionucleidos el componente funcional del órgano es uno de los parámetros más importantes, que condiciona

F IV Imagen renal con DMSA Tc-99m



T II

Hormonas

Prolactina
FSH
LH
TSH
ACTH
GH
T-3
T-4
HCG
Testosterona
Estradiol
Estríol

Marcadores virales

Hepatitis A
Hepatitis B
Anticuerpos anti-SIDA
Marcadores tumorales
CEA
 α fetoproteína
Microglobulina

Vitaminas

B₁₂
Acido fólico
D

Drogas

Digoxina
Barbitúricos
Haloperidol
Morfina
LSD

absolutamente las características de la imagen obtenida. Se dice que el radiodiagnóstico es a la anatomía lo que la Medicina Nuclear es a la fisiología. Veamos algunos ejemplos de gammagrafías. La gammagrafía del hígado se obtiene mediante la inyección intravenosa de un coloide de azufre marcado con Tc-99m. La razón por la cual este coloide se fija en el hígado se debe a que las células de Kupffer del sistema retículo- endotelial, que son muy abundantes en este órgano, tiene entre otras funciones, la de atrapar los restos celulares y sustancias extrañas que aparecen en el torrente circulatorio; por consiguiente, un coloide inyectado intravenosamente es atrapado por estas células para retirarlo del torrente circulatorio. La radiación γ del Tc-99m depositado en esas células de Kupffer permite obtener la imagen gammagráfica del órgano, pero si estas células están alteradas en su número o función, como sucede en algún tipo de patología hepática (cirrosis, tumores, quistes, etc.), la imagen se altera y las características de esta anomalía posibilitan obtener el diagnóstico de la patología subyacente (Fig. III). La inyección intravenosa de DMSA Tc-99m (ácido dimercapto succínico), se fija en las células de los túbulos proximales de la nefrona y permite realizar gammagrafías renales (Fig. IV). El glucoheptanato Tc-99m atraviesa la barrera hematocefálica del cerebro cuando se encuentra alterada por razones patológicas e impregna los tejidos alterados permitiendo obtener su imagen. El pulmón, el sistema óseo, la glándula suprarrenal, el tiroides, el bazo, etc., son órganos susceptibles de gammagrafiarse, merced a una función que permite introducir un radionucleido en su parénquima y poner de manifiesto alteraciones patológicas (Fig. V). Las exploraciones morfodinámicas que, como ya hemos dicho, deben realizarse con el concurso de un ordenador que facilite la adquisición de datos

y su procesamiento, son técnicas de gran interés, porque permiten conocer la fisiopatología de numerosos órganos de forma totalmente incruenta, es decir, sin necesidad de intervenciones, cateterismos, canalizaciones arteriales, etc. La obtención de imágenes secuenciales muy rápida, permite registrar la llegada del trazador a un órgano, su distribución a través del parénquima del mismo y su eliminación a través de sus vías naturales o, en algunos casos, patológicas. Los derivados del IDA Tc-99m (ácido iminodiacético), permiten conocer el funcionalismo de las vías biliares, ya que este compuesto es atrapado por las células hepáticas y eliminado, a través de las vías biliares, al intestino. El DTPA Tc-99m (ácido dietilentriaminopentacético) se elimina a través del glomérulo de las nefronas renales a la orina. Los hematíes del paciente, convenientemente marcados con Tc-99m, permanecen en el torrente circulatorio el tiempo suficiente para poder determinar las condiciones hemodinámicas existentes en las cavidades ventriculares del corazón (Figs. VI y VII). Las nuevas tecnologías, como las ya mencionadas del SPECT y del PET, es de suponer que ampliarán el campo de acción de la Medicina Nuclear.

TERAPIA

No son muchas las aplicaciones terapéuticas con radionucleidos que se mantienen en la medicina actualmente. El I-131 es un agente terapéutico muy utilizado para tratar aquellas enfermedades del tiroides que requieren su irradiación, tal como el tratamiento definitivo de algunas formas de hipertiroidismo (enfermedad de Basedow y adenomas tóxicos) y la irradiación de algunas variedades de neoplasias de tiroides y sus metástasis. El P-32, en forma de fosfato sódico, se utiliza en el tratamiento de la policitemia vera.



F VII Estudio dinámico de vaciamiento gástrico DTPA Tc-99m

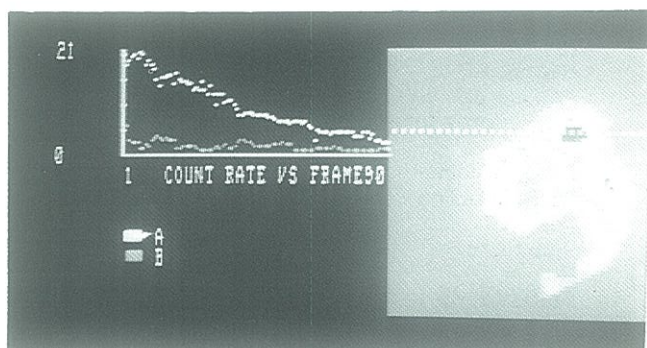
El Y-90, inyectado en cavidades articulares, se aplica en algunas formas de reumatismos.

ASPECTOS DE RADIOPROTECCION EN LOS SERVICIOS DE MEDICINA NUCLEAR

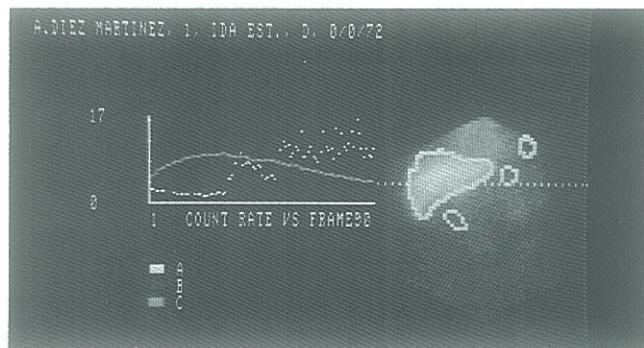
RADIOPROTECCION DEL PERSONAL DEL SERVICIO

La radioprotección del personal del servicio comienza con una adecuada instalación, donde el almacenamiento, la manipulación y la administración de dosis de radionucleidos a los pacientes, así como la recogida y gestión de los residuos radiactivos, se hacen con un adecuado y estricto criterio de minimizar las dosis de radiación que recibe el personal. A esto debe añadirse el registro del nivel dosimétrico del mismo, siendo recomendable la vigilancia periódica, mediante medidas en contador de cuerpo entero, de posibles contaminaciones internas debidas a radionucleidos volátiles como el radioyodo. Todas las instalaciones deben contar con una cámara caliente, donde se almacenan todos los radionucleidos existentes en el servicios perfectamente etiquetados y clasificados en cámara

F VI Gammagrafía pulmonar con macroagregados de albúmina Tc-99m



F V Estudio morfodinámico de eliminación biliar de DHIDA Tc-99m



ras frigoríficas debidamente blindadas. La manipulación de radionucleidos, para su dosificación y marcaje de radiofármacos, se lleva a cabo en vitrinas plomadas con extractor de gases provisto de filtro recambiable de papel y es recomendable la utilización de flujo laminar, ya que se trabaja en condiciones estériles.

El transporte del material radiactivo a las salas clínicas de inyección se lleva a cabo en carritos plomados. La administración de las dosis de radionucleidos a los pacientes se lleva a efecto mediante viales y jeringas blindadas. El correcto manejo de los radionucleidos hace que las dosis de radiación recibidas por el personal sean razonablemente bajas.

Respecto a las normas para reducir la irradiación del paciente, se deben mantener los siguientes criterios:

Indicar correctamente la exploración y no realizar procesos innecesarios.

Administrar las dosis mínimas de radionucleidos que permitan obtener resultados fiables, de forma que la relación riesgo-beneficio sea adecuada.

Mantener un archivo donde se encuentren perfectamente enumeradas las dosis de radionucleidos administradas a cada paciente, para poder hacer una

evaluación de la dosis total de radiación recibida.

DISEÑO DEL SERVICIO

En todos los servicios de Medicina Nuclear se tratarán de mantener dos áreas perfectamente deslindadas:

- a) Áreas radiactivas
- b) Áreas libres de radiación

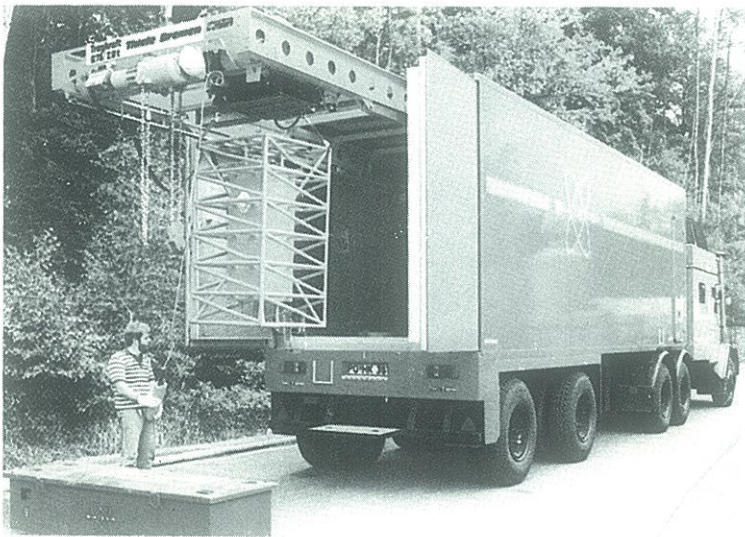
Dentro del área radiactiva se mantendrán limitadas, en la medida de lo posible, la cámara caliente y las zonas de almacenamiento de residuos. Con circulación restringida se mantendrán las salas clínicas de exploración y de administración de dosis, los laboratorios calientes con niveles bajos de radiación, como los laboratorios de RIA y la sala de espera de pacientes ya inyectados.

Es muy conveniente disponer de habitaciones adecuadamente preparadas para ingresar pacientes que han recibido dosis elevadas de radionucleidos, por ejemplo en tratamientos radioterápicos de carcinomas de tiroides o de otras localizaciones.

En las áreas libres de radiación se dispondrán los servicios generales de atención y mantenimiento.

GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS

En general, por lo que llevamos visto, podemos deducir que los residuos de los servicios de Medicina Nuclear son de mediana y baja actividad, procedentes de radionucleidos con períodos de semidesintegración muy cortos. Por consiguiente, la gestión de los mismos se basa en disponer de locales adecuados para su almacenamiento y su conveniente desactivación. Es preciso realizar una correcta clasificación de los radionucleidos que componen los residuos, para adecuar el tiempo de almacenamiento con el semiperíodo físico del contaminante, pudiéndose mantener como correcto el criterio de almacenar un tiempo equivalente a diez períodos de semidesintegración para cada radionucleido en particular. Con este criterio, solamente es preciso evacuar, por los organismos pertinentes, aquellos residuos procedentes de radionucleidos de períodos largos: H-3, C-14 e inclusive el I-125 que tiene sesenta días de período.

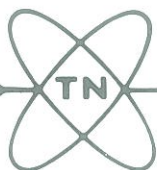


TRANSNUCLEAR, S. A., empresa especializada en el transporte de materias radiactivas, con una experiencia de doce años, ofrece:

- Asesoramiento en la gestión de estos transportes (autorizaciones, homologación de bultos, seguros especiales nucleares, estudios logísticos, de criticidad, etc.).
- Servicios de transporte, terrestres, marítimos o aéreos, nacionales e internacionales, a su medida, con el apoyo de 17 oficinas en todo el mundo.

Para ello TRANSNUCLEAR, S. A., cuenta con:

- Modernos medios de transporte, envases, contenedores y protectores especiales, homologados internacionalmente, para cualquier tipo de carga, incluyendo líquidos radiactivos de baja, media y alta actividad.
- Personal especializado.
- Furgones acondicionados para el transporte de pequeñas cargas de residuos de instalaciones radiactivas, piezas contaminadas, pequeñas fuentes, radioisótopos, etc., así como los envases correspondientes.



TRANSNUCLEAR, S. A.

Hermosilla, 57 - Télex 41366 - Madrid - Tels. 431 17 81, 431 83 23 y 435 36 13 Telefax 275 37 23